

MAŁGORZATA SZUMACHER-STRABEL

*Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wołyńska 33, 60-637 Poznań
E-mail: mstrabel@jay.up.poznan.pl*

ROLA ŻYWIENIA ZWIERZĄT W UZYSKANIU PROZDROWOTNYCH PRODUKTÓW ZWIERZĘCYCH

WSTĘP

Promowanie prozdrowotnego modelu żywienia człowieka jest przyczyną poszukiwania optymalnych metod uzyskiwania produktów o charakterze prozdrowotnym. Opisanemu zjawisku sprzyja bogacenie się klasy średniej społeczeństw krajów wysoko rozwiniętych i rozwijających się, w tym krajów Europy Centralnej. Jest to również odpowiedź na rosnący popyt na żywność nieprzetworzoną i przetworzoną, posiadającą poza standardowymi składnikami również inne o charakterze prozdrowotnym. Klienci zwracają coraz większą uwagę na jakość i skład produktów, a produkty, których składniki pokarmowe, poza tradycyjnymi funkcjami (np. energetyczna funkcja tłuszczu), spełniają także inne, a zwłaszcza są nośnikami korzystnych z punktu widzenia zdrowia człowieka związków zaliczamy do tzw. „żywności funkcjonalnej” (DUGGAN i współaut. 2002). Produkty pochodzenia zwierzęcego, w tym głównie

mleko zwierząt przeżuwających, może stanowić doskonały przykład produktu o charakterze prozdrowotnym. Mleko zawiera ponadto w swym składzie takie związki jak długołańcuchowe kwasy tłuszczowe, których spożywanie promuje się zachęcając do zmiany przyzwyczajeń żywieniowych poprzez wprowadzenie do diety większej ilości ryb i owoców morza. Jednak tradycje spożywania produktów na określonych obszarach geograficznych i w określonej strefie klimatycznej skłaniają raczej do prób polepszenia składu powszechnie spożywanych (np. mleka) niż do zmiany zawartości naszego talerza. Przykładem promowania mleka jako rodzimego produktu o charakterze prozdrowotnym jest prowadzona od 2002 r. ogólnopolska akcja medialna, która ponadto upowszechnia w polskim społeczeństwie zdrowy sposób żywienia i styl życia.

MLEKO JAKO PRODUKT O CHARAKTERZE PROZDROWOTNYM

Mleko zwierząt przeżuwających, czyli krów, kóz, owiec, bawołów i innych, jest w wielu rejonach świata podstawowym składnikiem diety. W naszej szerokości geograficznej mleko powinno stanowić komponent diety dobrze zbilansowanej, zarówno ze względu na skład podstawowy, jak również ze względu na zawarte w tłuszczu mleka związki biologicznie aktywne o charakterze prozdro-

wotnym (np. sprzężone izomery kwasu linolowego). Jest to nieco odmienne spojrzenie na ten surowiec i zarazem produkt, w stosunku do obowiązującego do niedawna, traktującego mleko jedynie jako źródło kwasów tłuszczowych nasyconych oraz izomerów w formie *trans*. Skład tłuszczu mleka jest jednak bardzo zróżnicowany i obejmuje około 400 różnych kwasów tłuszczowych (JENSEN

i współaut. 1991), między innymi krótkołańcuchowych nasyconych, o długości łańcucha węglowego od 4 do 14 atomów C, syntetyzowanych *de novo* w gruczole mlekowym. Wśród występujących nasyconych kwasów tłuszczowych: laurynowy, mirystynowy i palmitynowy, uznawane są za miażdżycogenne (WILLIAMS 2000) i mogą być przyczyną wzrostu poziomu całkowitego cholesterolu oraz frakcji LDL w surowicy krwi. W tłuszczu mleka znajduje się także kwas oleinowy, cholesterol oraz wspomniane naturalne izomery *trans*. Poza wysoką zawartością krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, mleko charakteryzuje się stosunkowo niską zawartością kwasów o 18 atomach węgla, w tym kwasów wielonienasyconych np.: kwasu linolowego (LA; *cis* 9, *cis* 12 C18:2) i linolenowego (LN; *cis* 9, *cis* 12, *cis* 15 C18:3). Ze względu jednak na dużą ilość spożywanego mleka, występujące w mleku nienasycone kwasy tłuszczowe stanowią liczącą się pulę w ogólnej podaży tych kwasów w środkach żywnościowych.

Zainteresowanie mlekiem jako źródłem żywności funkcjonalnej, ze względu na skład tłuszczu, datuje się na lata 70. ubiegłego wieku, i paradoksalnie ma związek ze znalezieniem przez zespół naukowców amerykańskich związków biologicznie aktywnych w smażonej wołowinie. Naukowcy, chcąc udowodnić szkodliwość smażonej wołowiny, odkryli w niej związki korzystnie oddziałujące na zdrowie człowieka. Procesy, w wyniku których powstają wspomniane związki, zachodzą jedynie u zwierząt przeżuwających: w żwaczu i w tkankach, w tym w gruczole mlekowym. Procesy te: biouwodowanie nienasyconych kwasów tłuszczowych w żwaczu oraz synteza *de novo* kwasów tłuszczowych w tkankach mięsnych i gruczole mlekowym czynią z produktów pochodzących od tej grupy zwierząt najbogatsze naturalne źródło związków biologicznie aktywnych. Do grupy omawianych związków biologicznie aktywnych zaliczamy kwas linolowy, charakteryzujący się sprzężoną parą wiązań podwójnych oraz formy *trans* kwasu oleinowego. Mleko zwierząt przeżuwających stanowi najbogatsze źródło biologicznie aktywnych izomerów kwasu oleinowego oraz sprzężonego kwasu linolowego, a ze wszystkich gatunków mleko owiec, kóz i krów należy do najbogatszych w wymienione związki.

Sprzężony kwas linolowy jest wspólnym terminem określającym mieszaninę pozycyjnych i geometrycznych izomerów kwa-

su linolowego, zawierających podwójne wiązania w pozycjach 8 i 10, 9 i 11, 10 i 12 lub 11 i 13. Wymienione izomery mogą występować w każdej z geometrycznych konfiguracji: *cis-trans*, *trans-cis*, *cis-cis* lub *trans-trans* (EULITZ i współaut. 1999). Dwa, spośród licznie występujących izomerów, są uważane jako czynniki biologicznie aktywne o korzystnym wpływie na zdrowie ludzi. Należą do nich izomery *cis* 9, *trans* 11 oraz *trans* 10, *cis* 12 C18:2. Dominującym izomerem kwasu linolowego jest *cis* 9, *trans* 11 C18:2, tzw. CLA (ang. conjugated linoleic acid), który stanowi od 80 do 90% wszystkich form izomerycznych występujących w mleku i w produktach mlecznych oraz *trans* 10, *cis* 12 C18:2, którego poziom w tych produktach szacuje się na 5 do 20% (BADINGA i STAPLES 2001, LOCK i GARNSWORTHY 2003).

Do 1987 r. sprzężony kwas linolowy znajdował się głównie w obszarze zainteresowania mikrobiologów żywca, którzy badali izomer *cis* 9, *trans* 11, powstający jako produkt pośredni w procesie biouwodowania nienasyconych kwasów tłuszczowych w żwaczu (PARODI 1999). W 1987 r. HA i współaut. opublikowali pracę, której wyniki dowodziły, że CLA, powstający w wyniku izomeryzacji kwasu linolowego, jest efektywnym inhibitorem powstawania nowotworów u myszy. Od tego czasu poznano wiele dalszych biologicznych oraz fizjologicznych funkcji zarówno izomeru *cis* 9, *trans* 11, jak i *trans* 10, *cis* 12, wskazujących często na różnice w ich sposobie działania.

Pomimo że wspomniane związki biologicznie aktywne występują głównie w konfiguracji *trans* (izomer kwasu oleinowego, *trans* 11 C18:1, tzw. kwas wakcenyowy stanowi ponad 80% powstałych w żwaczu kwasów typu *trans*), nie stwierdzono bezpośredniego związku między ich obecnością a występowaniem chorób cywilizacyjnych u ludzi, co jest powszechne w przypadku form *trans* kwasów tłuszczowych powstających na drodze procesów technologicznych, jakkolwiek wykorzystanie sprzężonych izomerów (kwasu oleinowego i linolowego) w diecie ludzi a pochodzących z różnych źródeł wymaga dalszych długoterminowych badań.

Działanie sprzężonych izomerów kwasu linolowego może przynieść następujące efekty (JENSEN 2002, SIEBER i współaut. 2004, SZUMACHER-STRABEL 2005):

– zmniejszenie ryzyka proliferacji komórek nowotworowych;

- obniżenie poziomu niskocząsteczkowych lipoprotein (LDL) oraz obniżenie wzajemnego stosunku lipoprotein nisko i wysokocząsteczkowych, a tym samym zmniejszenie ryzyka rozwoju miażdżycy tętnic;

- wzrost poziomu białka odkładanego w organizmie, zwiększenie przy tym masy mięśniowej;

- obniżenie ogólnej zawartości tłuszczu gromadzonego w organizmie;

- zmniejszenie insulinooporności i poprawę tolerancji glukozy;

- stymulację funkcjonowania systemu immunologicznego.

Aktywność biologiczna oraz kierunek działania zależy jednak od formy izomerycznej kwasu tłuszczowego. Izomer *cis* 9, *trans* 11 C18:2 charakteryzuje się przede wszystkim działaniem antykancerogennym (IP i współaut. 1999). Jego korzystny wpływ potwierdzony został w badaniach na zwierzętach. Przeprowadzono również liczne badania na ludziach. Izomer *cis* 9, *trans* 11 C18:2 hamuje również produkcję ikozanoidów (URGUHART i współaut. 2002), a produkt jego elongacji, kwas *cis* 11, *trans* 13 ogranicza proliferację niektórych rodzajów komórek nowotworowych (PALOMOBO i współaut. 2002).

Badania na zwierzętach wykazały natomiast, że dieta wzbogacona w izomer *trans* 10, *cis* 12 C18:2 pozwala na zmniejszenie ilości tkanki tłuszczowej, zwiększenie masy mięśniowej, poprawę metabolizmu lipidów i zahamowanie rozwoju miażdżycy (PARK i współaut. 1999, KRITCHEVSKY i współaut. 2000). W przeciwieństwie do izomeru *cis* 9, *trans* 11 C18:2, izomer *trans* 10, *cis* 12

C18:2 stymuluje produkcję ikozanoidów (URGUHART i współaut. 2002). Izomer ten również ogranicza syntezę tłuszczu mleka (BAUMGARD i współaut. 2000). Wnioski wynikające z niektórych badań na zwierzętach sugerują, że izomery kwasu linolowego mogą stanowić terapeutyczny środek odżywczy, zdolny do zmniejszenia ryzyka rozwoju otyłości, cukrzycy i choroby niedokrwiennej serca u ludzi. Obecnie wiadomo, że efekty wywierane przez izomery C18:2 na adipogenezę i metabolizm tłuszczu u zwierząt są zależne od rodzaju izomeru, dawki i czasu stosowania oraz gatunku zwierząt doświadczalnych. W szczególności, *trans* 10, *cis* 12 C18:2 wydaje się być odpowiedzialnym za zmniejszenie otluszczenia u zwierząt, a otyłości u ludzi.

Obniżenie masy ciała w efekcie działania *trans* 10, *cis* 12 C18:2 jest efektem kilku mechanizmów: wzrostu wydatku energii, obniżenia akumulacji tłuszczu w tkankach tłuszczowych i/lub różnicowania się adipocytów poprzez wzrost ich apoptozy, modulowania adipokin i cytokin (np. leptyny), TNF- α , adiponektyn lub interleukin oraz poprzez wzrost β -oksydacji w mięśniach szkieletowych (PARK i PARIZA 2007, PARK 2009).

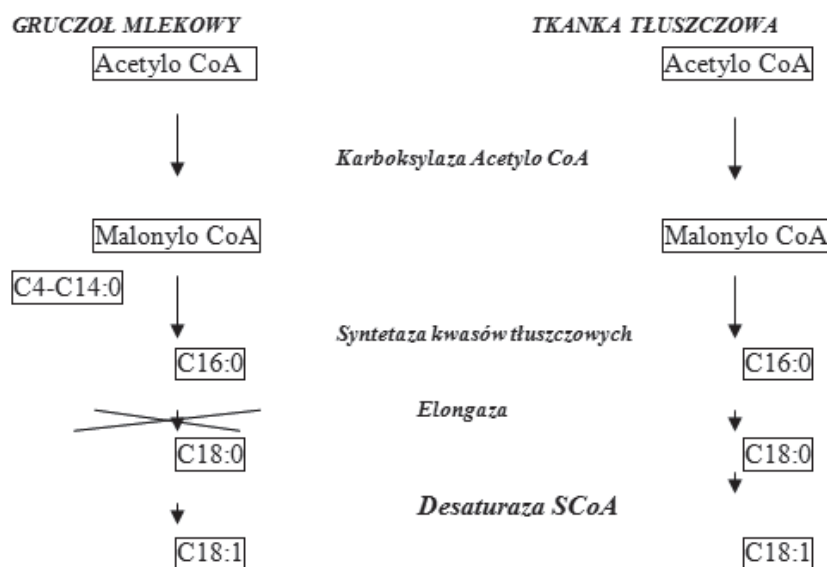
Dla określenia specyficznego dla danego izomeru kwasu linolowego mechanizmu działania i ich przydatności w terapii otyłości, cukrzycy, miażdżycy czy chorób nowotworowych konieczna jest jednak większa liczba badań. Należy podkreślić, że efekt długotrwałego stosowania izomerów C18:2 pozostaje nieznany, jak również brak jest jednoznacznych danych dotyczących rodzaju izomeru, optymalnej dawki i czasu trwania terapii u ludzi.

PROCESY ZACHODZĄCE W ŻWACZU I GRUCZOLE MLEKOWYM MODULUJĄCE SKŁAD TŁUSZCZU MLEKA

Związki biologicznie aktywne obecne w tłuszczu mleka powstają na drodze biowodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych w żwaczu oraz na drodze syntezy *de novo* kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym, a jednym z czynników decydujących o intensywności ich tworzenia jest dawka pokarmowa.

Dawka pokarmowa zwierząt przeżuwiających składa się w głównej mierze z pasz objętościowych będących, między innymi, źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, które niekorzystnie oddziałują na rozwój i funkcjonowanie mikroflory zasiedlającej

żwacz. Tłuszcze wszystkich niemal roślin są szczególnie bogate w kwas linolowy i lino-lenowy. Mikroorganizmy, jako rodzaj reakcji obronnej, wykształciły zdolność przeprowadzania nienasyconych kwasów tłuszczowych w formy nasycone. Reakcje unieczynniania nienasyconych kwasów tłuszczowych na drodze procesu biowodorowania prowadzą do powstawania biologicznie aktywnych form nienasyconych kwasów tłuszczowych (sprężonych izomerów kwasu linolowego oraz izomerów kwasu oleinowego), przechodzących w niezmienionej formie do powstającego produktu, bądź stanowiących źródło



Ryc. 1. Proces syntezy nienasyconych kwasów tłuszczowych.

do dalszej syntezy kwasów tłuszczowych *de novo*.

W żwaczu tłuszcze zawarte w pobranej paszy poddane są jednak na wstępie procesowi lipolizy, który jest pierwszym etapem przemian tłuszczów pochodzenia paszowego przy udziale lipaz produkowanych przez mikroorganizmy żwacza, w rezultacie czego powstałe wolne nienasycone kwasy tłuszczowe mogą brać udział w procesie biouwodorowania przeprowadzanym również przez mikroorganizmy żwacza. Tempo lipolizy zależy w dużej mierze od rodzaju paszy i zawartych w niej kwasów tłuszczowych.

Aby zachodzący naturalnie w żwaczu proces biouwodorowania był efektywny, z punktu widzenia składu mleka, jako produktu o charakterze funkcjonalnym i prozdrowotnym, należy zwiększyć jego intensywność i modulować udział bakterii uczestniczących w tym procesie na różnych jego etapach. Mając na uwadze cel przeprowadzania procesu biouwodorowania przez mikroorganizmy żwacza, należy pamiętać, że w jego efekcie zwierzęta przeżywające wchłaniają w jelicie cienkim głównie nasycone kwasy tłuszczowe, stąd produkty żywnościowe pochodzące od tych zwierząt są uważane za źródło właśnie tych kwasów tłuszczowych, niezależnie od składu podawanej paszy. Istnieje jednak wiele czynników, w tym najefektywniejszy to zmiana dawki pokarmowej, mogących ograniczać przebieg procesu biouwodorowania i tym samym zwiększać pulę nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku. Sprzężone

izomery kwasu linołowego, czyli związki biologicznie aktywne występujące w mleku, powstające jako produkty częściowego biouwodorowania w żwaczu, unikają całkowitej hydrogenacji, przechodzą do dalszych części przewodu pokarmowego, skąd są absorbowane i mogą znaleźć się w produktach zwierzęcych w różnych formach izomerycznych (KELLY i współaut. 1998).

Największa ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych obecnych w produktach zwierząt przeżywających, w tym sprzężonych izomerów

kwasu linolowego, powstaje jednak w wyniku syntezy *de novo* w tkankach tłuszczowych i gruczole mlekowym (SALTER i współaut. 2002) (Ryc. 1), czyli w kolejnym procesie formowania związków biologicznie aktywnych występujących w mleku.

Początkowym produktem syntezy kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym jest kwas palmitynowy. W gruczole mlekowym syntetyzowane są poza tym krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (C4-C14). Jedynie w tkance tłuszczowej kwas palmitynowy może zostać przekształcony przy udziale elongazy (brak enzymu elongazy w gruczole mlekowym) w kwas stearynowy. Kwas stearynowy dochodzi również do gruczołu mlekowego, jego źródłem jest jednak głównie pasza. Ostatni etap, zachodzący dzięki desaturazie SCoA (desaturaza Δ^9), prowadzi do powstania kwasu oleinowego. Od aktywności Δ^9 desaturazy zależy w głównej mierze ilość syntetyzowanego izomeru *cis* 9, *trans* 11 C18:2 i jego obecność w mleku. Aż 64% CLA w tłuszczu mleka może być syntetyzowane endogennie w gruczole mlekowym przy udziale Δ^9 desaturazy z kwasu *trans* 11 C18:1, powstającego w wyniku procesu biouwodorowania (GRINARI i współaut. 2000). Zarówno gruczoł mlekowy, jak i tkanka tłuszczowa charakteryzują się znaczną aktywnością tego enzymu. Według LOCKA i GARNSWORTHY'EGO (2003) aktywność Δ^9 desaturazy można określić porównując stosunek produkt:substrat w odniesieniu do niektórych kwasów tłuszczo-

wych, a najlepszym wskaźnikiem aktywności jest stosunek kwasów C14:1 do C14:0, ponieważ całkowita ilość C14:0 w tłuszczu mleka

powstaje poprzez syntezę *de novo* w gruczole mlekowym, tak więc desaturacja jest jedynym źródłem C14:1.

ROLA MIKROFLORY ŻWACZA BIORĄCEJ UDZIAŁ W FORMOWANIU ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH WSYTĘPUJĄCYCH W MLEKU

Specyfika budowy przewodu pokarmowego zwierząt determinuje sposób wykorzystania składników pokarmowych, a w konsekwencji skład produktów pochodzenia zwierzęcego. U zwierząt przeżuwających, to skład paszy determinujący z kolei skład mikroflory zasiedlającej główną komorę żołądka, jaką jest żwacz, decyduje o kierunku fermentacji i procesach modulujących skład produktów pochodzenia zwierzęcego. Zwierzęta przeżuwające, w przeciwieństwie do zwierząt monogastrycznych, pobierają paszę o stosunkowo niskiej koncentracji składników pokarmowych. Jednak z racji symbiozy z mikroorganizmami zasiedlającymi żwacz, zwierzęta przeżuwające są doskonale przystosowane do pobierania pasz objętościowych, o relatywnie niskiej koncentracji składników pokarmowych w kilogramie suchej masy. Mikroorganizmy przetwarzają zatem białko o niskiej wartości biologicznej (jako źródło azotu) w wysoko wartościowe białko bakteryjne, natomiast nisko strawne węglowodany strukturalne (np. celulozę i hemicelulozę), w lotne kwasy tłuszczowe stanowiące główne źródło energii dla zwierzęcia.

Istnieją różnorodne strategie żywieniowe, wpływające na ilość i skład np. tłuszczu w produktach pochodzenia zwierzęcego, optymalizujące warunki dla przebiegu procesów mikrobiologicznych w żwaczu i maksymalizujące produkcję surowca o określonym, pożądanym składzie. Strategie polegają na intensyfikacji procesów zachodzących naturalnie w organizmie zwierzęcia, czyli między innymi na stworzeniu optymalnych warunków dla rozwoju mikroflory zasiedlającej żwacz. Główną rolę w procesach fermentacji składników pokarmowych w żwaczu odgrywają bakterie. Rola pierwotniaków i grzybów, ze względu między innymi na niedoskonałości metodyczne jest niewyjaśniona.

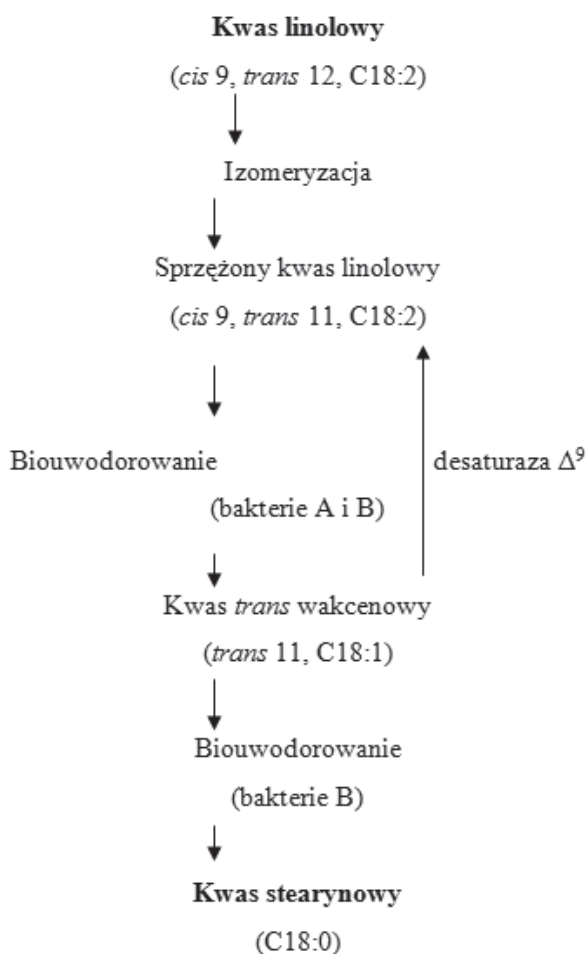
Bakterie lipolityczne, zdolne do rozkładu różnych tłuszczów pochodzenia paszowego wyizolowano z treści żwacza już w 1961 roku (HOBSON i MANN 1961 1971). W 1972 r. LATHAM i współaut. ustalili, że proces lipolizy zależy od obecności bakterii należących do rodzaju *Butyrivibrio*. Istot-

ną rolę spełniają także pierwotniaki żwacza, w tym głównie *Epidinium spp.* (*Epidinium ecaudatum* oraz *caudatum*). Sądzi się, że ich udział w procesie lipolizy wynosi około 30% wydajności tego procesu.

Biouwodorowanie jest procesem zachodzącym przy udziale mikroorganizmów zasiedlających żwacz. W procesie biouwodorowania w żwaczu biorą udział głównie bakterie, natomiast pierwotniaki tylko w niewielkim stopniu, wspomagając przeprowadzenie jedynie pierwszego etapu izomeryzacji. Z ogólnej liczby bakterii bytujących w żwaczu (10^{10} – 10^{11} ml⁻¹) 50% jest zawieszonych w płynie żwacza (ang. liquid adhering bacteria, LAB), a pozostałe przylegają do cząstek paszy (ang. solid adhering bacteria, SAB) (HUNGATE 1966). Udział cząstek paszy w procesie biouwodorowania nie jest jasny, ale większość autorów skłania się ku twierdzeniu, że biouwodorowanie zachodzi intensywniej w obecności cząstek paszy (BAUCHART i współaut. 1990).

Poszczególne etapy procesu biouwodorowania różnią się w zależności od kwasu, który temu procesowi podlega (linolowy czy linolenowy). Przez wiele lat jedynym, zidentyfikowanym gatunkiem bakterii przeprowadzającym proces biouwodorowania była bakteria *Butyrivibrio fibrisolvens* (KEPLER i TOVE 1967), jednak kolejne badania wskazują na udział w tym procesie wielu innych. Podziału na dwie grupy bakterii, A i B, biorących udział w procesie biouwodorowania dokonali w 1984 r. KEMP i LANDER. Do grupy A przeprowadzającej biouwodorowanie kwasu linolowego zaliczamy *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Eubacterium spp.*, *Ruminococcus albus*, *Borrelia* oraz *Micrococcus*, natomiast do grupy B *Fusocillus spp.* Wciąż prowadzone są badania i izolowane kolejne szczepy bakterii, które z różną aktywnością przeprowadzają proces biouwodorowania.

Aktywność i liczebność poszczególnych grup mikroorganizmów decyduje o ilości poszczególnych sprzężonych izomerów kwasu linolowego powstałych w żwaczu. Aktywność izomerazy produkowanej przez *Butyrivibrio fibrisolvens* decyduje o ilości po-



Ryc. 2. Biouwodorowanie kwasu linolowego (BADINGA i STAPLES 2001).

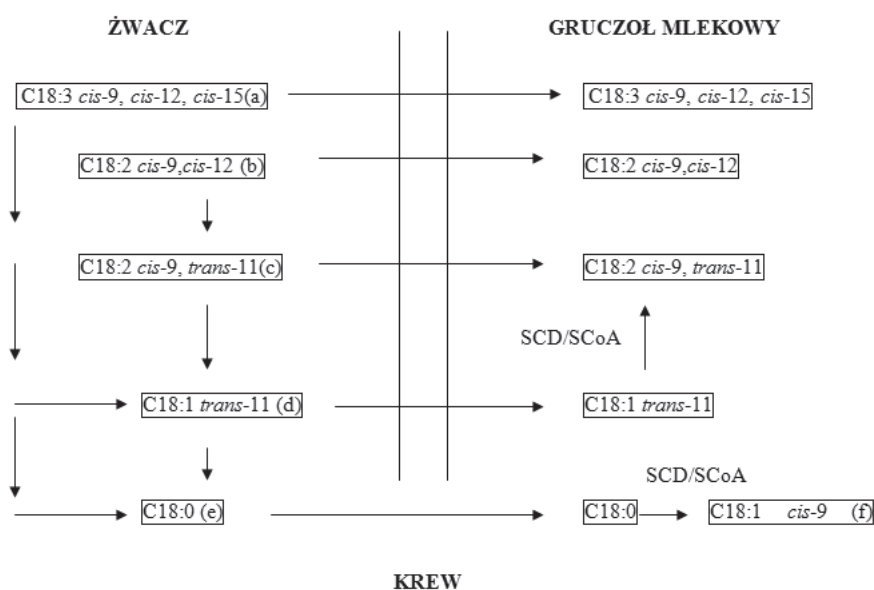
wstającego izomeru *cis* 9, *trans* 11 (KEPLER i TOVE 1967), natomiast *Megasphaera elsdenii* (YJ-4 i T81) produkuje izomer *trans* 10, *cis* 12 (KIM i współaut. 2002).

Proces biouwodorowania kwasu linolowego przedstawiono na Ryc. 2. W wyniku pierwszego etapu procesu biouwodorowania kwasu linolowego, przeprowadzanego przez bakterie grupy A, powstaje kwas wakcenyowy (*trans* 11 C18:1), który stanowi substrat dla bakterii z grupy B, przeprowadzających drugi etap biouwodorowania do kwasu stearynowego. Kwas wakcenyowy stanowi ponadto substrat do syntezy *de novo* sprzężonego izomeru kwasu linolowego *cis* 9, *trans* 11 C18:2 w gruczole mlekowym.

Przebieg procesów biouwodorowania kwasów linolowego i linolenowego w związku z powiązaniem z syntezą kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym przedstawia Ryc. 3 (CHILLIARD i współaut. 2003).

DAWKĄ POKARMOWĄ JAKO STYMULATOR ZWIĘKSZENIA KONCENTRACJI ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH W MLEKU

Źródłem związków biologicznie aktywnych pochodzenia tłuszczowego w mleku zwierząt przeżuwających są przede wszystkim nienasycone kwasy tłuszczowe stanowiące substrat do procesu biouwodorowania i syntezy *de novo* kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym. Zatem zwiększona ich podaż w dawce pokar-



Ryc. 3. Biouwodorowanie LA i LN w żwaczu oraz synteza kwasów tłuszczowych w gruczole mlekowym.

a – kwas linolenowy, b – kwas linolowy, c – CLA, – kwas *trans*-wakcenyowy, e – kwas stearynowy, f – kwas oleinowy, SCD – desaturaza SCoA (Δ^9)

Tabela 1. Czynniki wpływające na poziom CLA w tłuszczu mleku

Grupa czynników	Czynnik	Wzrost koncentracji związków biologicznie czynnych
Środowisko żwacza	<ul style="list-style-type: none"> Pastwisko a TMR Stosunek paszy objętościowej do treściwej 	<ul style="list-style-type: none"> Pastwisko Przewaga paszy objętościowej
	<ul style="list-style-type: none"> Stadium wzrostu zielonki Poziom węglowodanów niestrukturalnych 	<ul style="list-style-type: none"> Wczesne Niewielki wpływ
	<ul style="list-style-type: none"> Stosunek kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych Zawartość oleju w roślinie Rodzaj oleju roślinnego Forma oleju: chroniony, surowy Olej rybny 	<ul style="list-style-type: none"> Przewaga nienasyconych kwasów tłuszczowych Wyższy poziom Oleje bogate w C18:2 Oleje surowe
Rodzaj tłuszczu	<ul style="list-style-type: none"> Tłuszcze zwierzęce 	<ul style="list-style-type: none"> Wraz ze wzrostem poziomu w dawce Minimalny wpływ

mowej intensyfikuje proces biouwodorowania i prowadzi tym samym do powstania większej puli substratów do syntezy *de novo*. Do pasz zwiększających pulę nienasyconych kwasów tłuszczowych należą przede wszystkim świeże zielonki, których podaż w Polsce i w innych krajach strefy klimatu umiarkowanego jest ograniczona do 5 miesięcy w roku. Naukowcy zajmujący się zagadnieniami fizjologii żywienia zwierząt poszukują zatem metod pozwalających na intensyfikację powstawania związków biologicznie aktywnych, stosując inne składniki paszy. Do komponentów paszowych mogących stymulować proces biouwodorowania i syntezę *de novo* należą nasiona roślin oleistych, oleje roślinne, algi, a także olej rybny. Wszystkie wymienione dodatki stanowią bogate źródło tłuszczów nienasyconych.

Różnorodne czynniki związane z dawką pokarmową mogą mieć wpływ na koncentrację związków biologicznie aktywnych w tłuszczu mleka. BADINGA i STAPLES (2001) zestawili niektóre z nich (Tabela 1).

Dodatek tłuszczu bogatego w nienasycone kwasy tłuszczowe do dawek dla zwierząt przeżuwiających ma jednak szereg ograniczeń, do których zaliczyć można między innymi możliwy spadek celulolizy, czyli trawienia węglowodanów strukturalnych. Zahamowanie wzrostu bakterii celulolitycznych, a do nich należy również przeprowadzający proces biouwodorowania *Butyrivibrio fibrysolvens*, następuje w obecności 50 µg ml⁻¹ nienasyconych kwasów tłuszczowych w żwaczu (MAIA i współaut. 2007).

PODSUMOWANIE

Odpowiednio dobrane komponenty dawki pokarmowej zwierząt przeżuwiających mogą stanowić źródło substratów dla mikroorganizmów zasiedlających żwacz, które w efekcie przeprowadzenia procesów fermentacji składników pokarmowych produkują związki biologicznie aktywne. Te z kolei, wchodząc w skład tłuszczu produktów pochodzenia zwierzęcego, korzystnie oddziałują na organizm człowieka. Przykładem wspomnianych związków o wysokiej aktywności biologicznej są obecne w mleku sprzężone

izomery kwasu linolowego, które w zależności od formy mogą zapobiegać rozwojowi wielu chorób cywilizacyjnych, w tym otyłości. Zwiększenie intensywności ich powstawania, między innymi poprzez zmiany składu dawki pokarmowej, a w konsekwencji składu populacji mikroorganizmów w żwaczu stanowi przedmiot badań wielu ośrodków naukowych w kraju i zagranicą. Powszechne stosowanie w praktycznym żywieniu zwierząt zmienionej dawki pokarmowej wiąże się jednak ze zwiększoną kosztocłonnością pro-

dukcji kilograma mleka. Brak zróżnicowania ceny skupowanego mleka surowego, w zależności od jego składu, jest jedną z głównych

przyczyn braku dostępności wzbogaconego mleka i jego przetworów dla konsumenta.

THE ROLE OF ANIMAL FEEDING IN OBTAINING ANIMAL PRODUCTS RICH IN HEALTH PROMOTING AGENTS

Summary

Modulating dietary composition can change the rumen microbial ecosystem, and as the consequence, enrich milk of ruminants in potentially health promoting agents. Number of components in milk is being recognised as conferring health benefits. These include, among others, lipid components (vaccenic acid, *trans* 11 C18:1 and conjugated isomers of linoleic acid, e.g. CLA). The processes in which mentioned components are produced include: rumen biohydrogenation of unsaturated fatty acids and *de novo* synthesis of fatty acids in mammary gland. Simplistic nutrition messages suggest that saturated

fat in the milk may contribute to certain 'Western' diseases. This information has damaged the image of milk and dairy products as popular, basic, almost obligatory food items. Such messages ignore the presence of biologically active components, which in fact may act as chemopreventive agents for many 'Western' diseases. Changes of dietary components e.g. supplementing the ruminant diets with oil plant seeds, plant oils, algae and fish oil allow to obtain enriched products that may lower the risk of obesity, cancer, diabetes, and cardiovascular diseases in humans.

LITERATURA

- BADINGA L., STAPLES C. R., 2001. *Definition and sources of conjugated linoleic acid*. Proceedings of 12th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 8-21.
- BAUCHART D., LEGAY-CARMIER F., DOREAU M., GAILLARD B., 1990. *Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen contents of dairy cows offered lipid-supplemented diets*. Br. J. Nutr. 63, 563-578.
- BAUMGARD L. H., CORL B. A., DWYER D. A., SAEBO A., BAUMAN D. E., 2000. *Identification of the conjugated linoleic isomer that inhibits milk fat synthesis*. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 278, R179-R184.
- CHILLIARD Y., FERLAY A., ROUEL J., LAMBERET G., 2003. *A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis*. J. Dairy Sci. 86, 1751-1770.
- DUGGAN CH., GANNON J., WALKER A., 2002. *Protective nutrients and functional foods for the gastrointestinal tract*. Am. Soc. Clin. Nutr. 75, 789-808.
- EULITZ K., YURAWECZ M. P., SEHAT N., FRITSCHKE J., ROACH J. A. G., MOSSOBA M. M., KRAMER J. K. G., ADOLF R. O., KU Y., 1999. *Preparation, separation, and confirmation of the eight geometrical cis/trans conjugated linoleic acid isomers 8, 10-through 11, 13-18:2*. Lipids 34, 873-877.
- GRIINARI J. M., CORL B. A., LACY S. H., CHOUINARD P. Y., NURMELA K. V., BAUMAN D. E., 2000. *Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta (9)-desaturase*. J. Nutr. 130, 2285-2291.
- HA Y. L., GRIMM N. K., PARIZA M. W., 1987. *Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid*. Carcinogenesis 8, 1881-1887.
- HOBSON P. N., MANN S. O., 1961. *The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep*. J. Gen. Microbiol. 25, 227-240.
- HOBSON P. N., MANN S. O., 1971. *Isolation of cellulolytic and lipolytic organisms from the rumen*. [W:] *Isolation of Anaerobes*. SHAPTON D. A., BOARD R. G. (red.). Society of Applied Bacteriology, Technical Series 5, 149-158.
- HUNGATE R. E., 1966. *The rumen and its microbes*. Academic Press, New York and London, 8-90.
- IP C., BANNI S., ANGIIONI E., CARTA G., MCGINLEY J., THOMPSON H., BARBANO D., BAUMAN D., 1999. *Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats*. J. Nutr. 129, 2135-2142.
- JENSEN R. G., FERRIS A. M., LAMI-KEEFE C. J., 1991. *Symposium: Milk fat composition, function and potential for change*. J. Dairy Sci. 74, 3228-3239.
- JENSEN R. G., 2002. *Invited review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000*. J. Dairy Sci. 85, 295-350.
- KELLY M. L., BERRY J. R., DWYER D. A., GRIINARI J. M., CHOUINARD P. Y., VANAMBURGH M. E., BAUMAN D. E., 1998. *Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows*. J. Nutr. 128, 881-885.
- KEMP P., LANDER D., 1984. *The hydrogenation of come cis- and trans-octadecenoic acids to stearic acid by a rumen Fusocillus sp.* Br. J. Nutr. 52, 165-170.
- KEPLER C. R., TOVE S. B., 1967. *Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. III. Purification and properties of a linoleate Δ^2 -cis, Δ^{11} -trans isomerase from Butyrivibrio fibrisolvens*. J. Biol. Chem. 242, 5686-5692.
- KIM Y. J., LIU R. H., RYCHLIK J. L., RUSSELL J. B., 2002. *The enrichment of a ruminal bacterium (Megasphaera elsdeni YJ-4) that produces the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid*. J. Appl. Microbiol. 92, 976-982.
- KRITCHEVSKY D., TEPPER S. A., WRIGHT S., CZARNECKI S. K., 2000. *Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits*. J. Am. Coll. Nutr. 19, 472-477.
- LATHAM M. J., STORRY J. E., SHARPE M. E., 1972. *Effect of low-roughage diets on the microflora and lipid metabolism in the rumen*. Appl. Microbiol. 24, 871-877.

- LOCK A. L., GARNSWORTHY P. C., 2003. *Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows*. *Livest. Prod. Sci.* 9, 47-59.
- MAIA M. R. G., CHAUDHARY L. C., FIGUERES L., WALLACH R. J., 2007. *Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen*. *Antonie van Leeuwenhoek*. 91, 303-314.
- PALOMBO J. D., GANGULY A., BISTRAN B. R., MENARD M. P., 2002. *The antiproliferative effects of biologically active isomers of conjugated linoleic acid on human colorectal and prostatic cancer cells*. *Cancer Letters*. 177, 163-172.
- PARK Y., STORKSON J. M., ALBRIGHT K. J., LIU W., PARIZA M. W., 1999. *Evidence that the trans-11, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice*. *Lipids*. 34, 235-241.
- PARK Y., PARIZA M. W., 2007. *Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA)*. *Food Res. Int.* 40, 311-323.
- PARK Y., 2009. *Conjugated linoleic acid (CLA): Good or bad trans fat?* *J. Food Comp. Analys.* 22S, S4-S12.
- PARODI P. W., 1999. *Conjugated linoleic acid: The early years*. [W:] *Advances in conjugated linoleic acid research*. YURAWECZ M. P., MOSSOBA M. M., KRAMER J. K. G., PARIZA M. W., NELSON G. (red.). Champaign: AOCS Press, 1-11.
- SALTER A. M., DANIELS Z. C. T. R., WYNN R. J., LOCK A. L., GARNSWORTHY P. C., BUTTERY P. J., 2002. *Manipulating the fatty acid composition of animal products. What has and what might be achieved?* [W:] *Recent Advances in Animal Nutrition*. GARNSWORTHY P. C., WISEMAN J. (red.). Nottingham University Press, 33-44.
- SIEBER R., COLLOMB M., AESCHLIMANN A., JELEN P., EYER H., 2004. *Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products – a review*. *Int. Dairy J.* 14, 1-15.
- SZUMACHER-STRABEL M., 2005. *Effect of fat supplements to sheep's and goat's ration on unsaturated fatty acid concentration and conjugated linoleic acid isomers level in rumen fluid and milk*. *Ann. Poznan University of Life Sciences*, 365, 1-175.
- URGUHART P., PARKIN S. M., ROGERS J. S., BOSLEY J. A., NICOLAOU A., 2002. *The effect of conjugated linoleic acid on arachidonic acid metabolism and eicosanoid production in human saphenous vein endothelial cells*. *Bioch. Biopch. Acta* 1580, 150-160.
- WILLIAMS CH. M., 2000. *Dietary fatty acids and human health*. *Ann. Zootech.* 43, 165-180.